

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Optimalizace procesu montáže skupinových svítilen

The Assembling Process Optimisation of Rear Lights

Student:

Petra Hasíková

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Ostrava 2017

Zadání bakalářské práce

Student: **Petra Hasíková**
Studijní program: **B2341 Strojírenství**
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**
Téma: **Optimalizace procesu montáže skupinových svítlen**
The Assembling Process Optimisation of Rear Lights
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

- 1) Obecná charakteristika řešené problematiky, základní pojmy.
- 2) Proved'te studii technologie vibračního svařování termoplastů.
- 3) Analýza současného stavu - postup výroby, organizace výroby, materiálové zabezpečení výroby.
- 4) Vyhodnocení analýzy, identifikace slabých míst.
- 5) Návrhy na zlepšení stavu - okamžité i s ohledem na budoucí projekty.

Seznam doporučené odborné literatury:

LHOTSKÝ, O. *Organizace a normování práce v podniku*. Vyd.1. Praha: ASPI, 2005, 104s. ISBN 80-7357-095-5.
ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Vyd.1. Ostrava: VŠB-TUO, 2012, 223s. ISBN 978-80-248-2775-9.
MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě*. 1.vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 247 s. ISBN 80-902235-0-8.


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.**

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Martin Kepprt**

Datum zadání: **09.12.2016**

Datum odevzdání: **15.05.2017**


Ing. Lucie Krejčí, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 14.5.2014

..... 

podpis studenta

Prohlašuji že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 14.5.2014



.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Petra Hasíková

Adresa trvalého pobytu autora práce: Libivá 48, Mohelnice 789 85

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HASÍKOVÁ, P. Optimalizace procesu montáže skupinových světil: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, 57 str. Vedoucí práce: prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

Úkolem mé bakalářské práce bylo optimalizovat montážní linku skupinových světil ve firmě Hella Autotechnik Nova, s.r.o. v Mohelnici. Hlavní částí bylo vyhledat úzká místa ve výrobě a pomocí různých metod zajistit zkracování neproduktivních časů, a tím zvýšení výrobnosti. Míru zefektivnění jsem provedla pomocí kapacitních výpočtů, kde výsledek je vyhodnocen jak finančně, tak kusově.

KLÍČOVÁ SLOVA

Výroba, metody řízení, balancování, vibrační svařování, kapacitní výpočty.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HASÍKOVÁ, P. The Assembling Process Optimisation of Rear Lights: bachelor thesis. Ostrava: VSB- Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2017, 57 p. Thesis head: prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.

My bachelor thesis was to optimize the assembly line of group lamps in Hella Autotechnik Nova, s.r.o. in Mohelnice. The main part was to look for bottlenecks in production and to reduce shortage of productive times by various methods, thereby increasing productivity. I made the measure of efficiency by means of capacitive calculations, where the result is evaluated both financially and in part.

KEY WORDS

Production, methods of control, balancing, vibration welding, capacitive calculations.

Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLU	8
Úvod	9
1. O firmě	11
2. Výroba	12
2.1. Základní typy výroby	12
2.2. Výrobní proces	14
3. Metody řízení výroby	17
3.1. JIT (Just – in – Time)	17
3.2. Jidoka	17
3.3. 5 S	17
3.4. Princip štíhlé výroby (Lean production)	19
3.5. MTM - Metoda analýzy pohybů (Methods Time Measurement)	20
4. Kapacitní normy	24
4.1. Výrobní rytmus a výrobní takt	26
4.2. Výrobní cyklus výrobku	26
5. Vibrační svařování termoplastů	28
5.1. Termoplasty	28
5.2. Vibrační svařování	29
6. Původní stav linky	32
6.1. Schéma uspořádání linky a technologický postup jednotlivých pracovišť	32
6.2. Balancování linky u jednotlivých pracovišť	35
6.3. Kapacitní výpočty	36
6.4. Náklady	37
7. Identifikace problému	39
7.1. Pozorovací metoda	39
7.2. Rozbor jednotlivých kritických pracovišť	39
8. Návrh řešení	42
8.1. Pracoviště E 070 Vibrační svařování	42
8.2. Pracoviště E 150 Balení	45

8.3. Pracoviště E 010 a E 030	46
9. Vyhodnocení návrhu	48
9.1. Výsledné časy jednotlivých operací	48
9.2. Početní srovnání.....	50
10. Závěr	52
Seznam použité literatury.....	53
Seznam obrázků.....	55
Seznam tabulek	56
Seznam grafů	57

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLU

Symbol/Značka	Význam	Jednotka
DN	Doba návratnosti	Rok,měsíc
Er	Roční fond ručního pracoviště	Hod/rok
Es	Roční efektivní fond stroje	Hod/rok
F _t	Časový fond linky	hod
Hz	Hertz	Hertz
IT	Informační technologie	-
JIT	Právě včas (Just in Time)	-
PCB	Deska plošného spoje	-
Q _c	Celková kapacita výrobního zařízení	-
QEE	Celková efektivita výroby	%
R	Rytmus výroby	Ks/jedn.
Ss	Denní směnnost	-
T	Čas směny	Min. nebo hod.
T _c	Celkový čas	Jednotky času
T _{c(X)}	Výrobní cyklus operace pro 1 ks	Jednotky času
T _{d(X)}	Výrobní cyklus operace pro dávku x součástí	-
TMU	Časové měřicí jednotky (Time measurement unit)	TMU
T _{PZ}	Čas přípravy a zakončení	Jednotky času
T _{sm}	Počet hodin za směnu	Hod.
T _t	Obrat	Kč/rok
T _{využ}	Roční využitelný časový fond	Jednotky času
V	Výrobnost	Ks/hod-
a	Celkový počet součástí opracovávaných na pracovišti v průběhu dané operace	ks
d	Počet pracovních dnů	dny
d _x	Počet pracovišť, na kterých se současně uskutečňují operace	-
h	Počet hodin za směnu	hod
k _{PN}	Koeficient překročení plnění norem	-
n	Počet současně opracovaných kusů	-
p	Tržba z 1 kusu	Kč
q	Produkce	ks
s	Průměrná denní směnnost	směna
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným	-
t	Výrobní takt výrobního úseku	Jednotky času
t ₀	Operační čas	Jednotky času
t _c	Celková norma času na operaci	min,hod
t _d	Počet dnů dovolené pracovníka	dny
t _k	Počet kalendářních dnů v roce	dny
t _n	Počet dnů neschopnosti pracovníka	dny
t _p	Počet dnů na další plánované přestávky	dny
t _v	Počet nepracovních dnů	dny
5S	Metoda sloužící k zajištění a udržení pořádku na pracovišti	-

Úvod

V dnešní době, se zvyšující se poptávkou je nutné, aby firmy byly schopné konkurence, a proto i optimalizovaly svou výrobu. Touto problematikou se budu zabývat ve své práci a pokusím se nastínit, jak lze zefektivnit pracovní postup a dosáhnout co nejlepšího výsledku. Je nutné, aby výrobky splňovaly potřebnou kvalitu, a tudíž se budoucí zlepšení nedělo na její úkor.

Je známo mnoho způsobů, jak výrobu vylepšit. Ať už jde o zkrácení výrobního času, nebo přeorganizování pracoviště. Těmito způsoby se budu v mé bakalářské práci zabývat. Velká část úspěchu je i v lidech, tudíž musí být zajištěno dodržování jasných pravidel. Každá firma by měla mít zájem na neustálém zlepšování. Vždy je co vylepšovat, a proto nesmíme usnout na vavřínech. Stále musíme vyhledávat, rozebírat a řešit nedostatky.

Je nezbytné, aby se výrobci nezabývali pouze kvantitou, ale také ne pouze kvalitou. Jelikož každý spokojený zákazník se vrací a doporučí výrobce dále, je důležité věnovat i svým zákazníkům náležitou péči. Což v době velké konkurence je jistě výhodou. V dnešní době je tento přístup velkou výhodou. Dobrým příkladem je Hella Autotechnik Nova s.r.o., která je léty prověřená spokojenými zákazníky.

V první části práce budou popsány základní pojmy, jakou jsou výroba a její typy, výrobní proces, různé metody řízení, které jsou hojně využívány ve firmách, jako jsou například princip štíhlé výroby, metoda 5S, nebo Just in Time. Dále budou vysvětleny kapacitní normy, vibrační svařování a ostatní pracovní postupy, které jsou na lince využity ke zkompletování výrobku.

V praktické části se věnuji popisu procesu montážní linky zadních skupinových světlů ve firmě Hella Autotechnik Nova, s.r.o.

Cílem mé bakalářské práce je analyzovat výrobní proces, vyhledat úzká místa výrobní linky a navrhnout řešení na jejich zlepšení.

„Dobrý obchod je takový, kde jsou spokojeni všichni zúčastnění“.

- Tomáš Baťa

1. O firmě

Společnost HELLA je mezinárodně orientovaný nezávislý rodinný podnik s více než 34.000 zaměstnanci a více než 125 zastoupeními ve více než 35 zemích. Koncern HELLA vyvíjí a vyrábí v obchodním odvětví Automotive komponenty a systémy osvětlení a elektroniky. Dále zahrnuje společnost HELLA v segmentu Aftermarket také jednu z největších obchodních sítí pro díly a příslušenství do automobilů a diagnostických a servisních služeb v Evropě. Kromě toho vyvíjí společnost HELLA v segmentu Special Applications, výrobky pro speciální vozidla a zcela nezávislé aplikace, jako pouliční osvětlení nebo průmyslové osvětlení. [7]

Ve společných podnicích s partnery vznikají navíc i kompletní moduly, klimatizační jednotky a palubní sítě do automobilů. S více než 6 000 zaměstnanci ve výzkumu a vývoji patří společnost HELLA k hlavním průkopníkům inovací na trhu. S obratem cca 6,4 mld. eur za účetní rok 2015/2016 se koncern HELLA zařadil mezi 40 největších dodavatelů dílů pro automobilový průmysl a patří do stovky největších průmyslových podniků v Německu. [7]

Hella Autotechnik Nova, s.r.o. v Mohelnici

V oblasti vývoje a výroby světelné techniky do automobilového průmyslu působí firma Hella v České republice od roku 1992, kdy byl založen výrobní závod v Mohelnici. V rámci koncernu Hella v ČR vznikly v Mohelnici postupně 3 společnosti, které se zabývají výrobou a vývojem světelné techniky a také podporou dalších společností koncernu v regionu střední a východní Evropy. Hella AUTOTECHNIK NOVA s.r.o. - výrobní závod, Hella AUTOTECHNIK s.r.o. – vývoj výrobků, včetně měření a testování, Hella corporate Center Central a Eastern Europe s.r.o. – podpora IT, služby nákupu, financí, atd. 1.3.2014 došlo k fúzi jednotlivých společností a vznikla tak současná společnost HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o. [7]

2. Výroba

Výroba je proces vytváření nových užitných hodnot, během kterého podnik přetváří výrobní faktory (vstupy) na služby a výrobky (výstupy) s pomocí pracovních sil. Cílem je zajistit, aby výroba probíhala kvalitně, efektivně a bez zbytečných nákladů. [15]

2.1. Základní typy výroby

Rozlišujeme tři základní typy výroby dle počtu vyráběných kusů – hromadná výroba, sériová výroba a kusová výroba. Jejich zásadní rozdíl spočívá v množství vyrobených produktů.

Hromadná výroba představuje výrobu velkého množství jednoho, nebo několika standardizovaných produktů v relativně krátkém čase. K této práci je využito úzce specializovaných pracovníků, u kterých není požadována vysoká kvalifikace. Kvůli vysoké opakovanosti stejných výrobních úkonů, jsou vyžadována spíše jednoúčelová zařízení, díky kterým je dosaženo vysoké produktivity práce a nízké ceny. [10]



Obr. 1 - Hromadná výroba štítků na laseru Trotec [1]

V **sériové výrobě** je vytvářeno větší množství produktů nebo služeb, které jsou stejného druhu. Tato výroba je levnější oproti kusové výrobě, jelikož produkty jsou vyráběny v tzv. sériích, kde není tolik zapotřebí lidský faktor. Výrobní proces je optimalizovaný a ceny za vstupní materiál jsou také menší, jelikož je nakupován ve velkém. Zařízení na tuto výrobu mohou být jednoúčelová, víceúčelová i univerzální. [10]



Obr. 2 - Sérová výroba automobilů [2]

Kusová výroba spočívá ve velkém množství druhů různých výrobků nízkého počtu daných produktů. Výroba probíhá na zakázku, a tudíž ojediněle. Tyto produkty mohou být otázkou pouze jedné zakázky a dále se nemusí opakovat. Na výrobu jsou potřeba univerzální zařízení, na kterých musí pracovat pouze vysoce kvalifikovaní pracovníci. Výroba je mnohem nákladnější oproti předešlým způsobům výroby. Musí být vymyšleny nové pracovní postupy a technologie zpracování k dosažení požadovaného výsledku. [10]

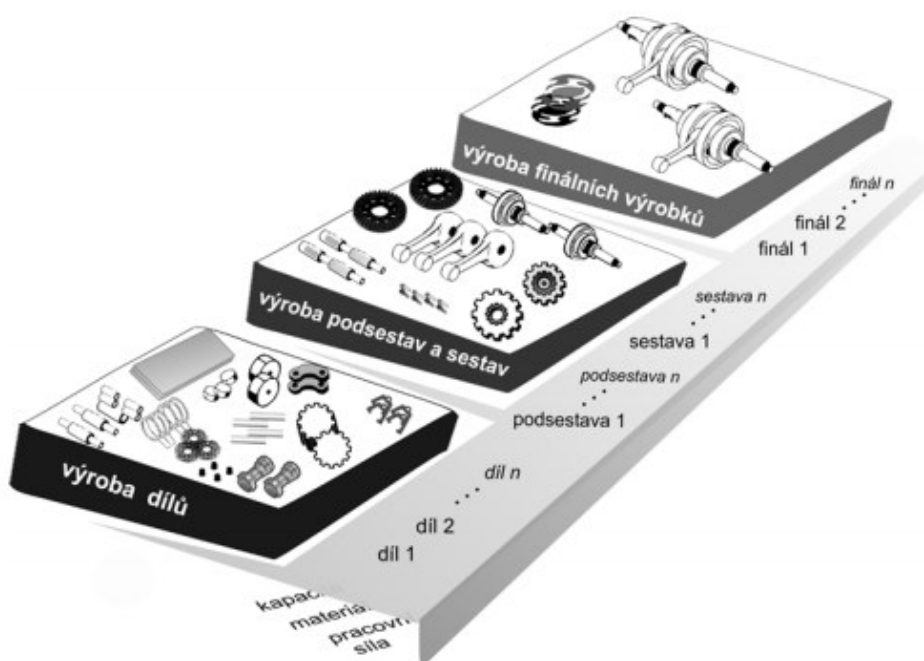


Obr. 3 - Kusová výroba přenosného zdvihacího zařízení [3]

2.2. Výrobní proces

Jedná se o spojení výrobních faktorů jako jsou půda, práce, kapitál a informace (know-how) k získání určitých výrobků a služeb. Konkrétnější schéma výrobního procesu poskytuje jeho znázornění, jež bere v úvahu vazby vznikající uvnitř vlastního procesu. Vychází se z předpokladu, že produkt je postupně tvořen zpracováním nakupovaného materiálu přes díly, podsestavy, sestavy až po finální produkt. Schematicky je tento princip znázorněn na Obr. 4, kde díly znamenají jednoduché základní části přímo zhotovené základními technologickými operacemi ze nakoupeného materiálu. [11]

Podsestavy jsou pak dílčí funkční celky produktu, které zpravidla nemohou plnit samostatně kupujícím požadovanou funkci, ale mohou být např. předmětem náhradních dílů. Sestavy jsou pak vyšší a technicky složitější celky, které mohou v určitých případech plnit již samostatně komplexní funkci požadovanou od produktu a odlišují tak většinou rozhodujícím způsobem různé produkty z hlediska jejich konečné podoby. Finální produkt je pak konečným výsledkem výrobního procesu, ať již standardního charakteru či plně přizpůsobeného požadavkům individuálního zákazníka. [11]



Obr. 4 - Schéma výrobního procesu [11]

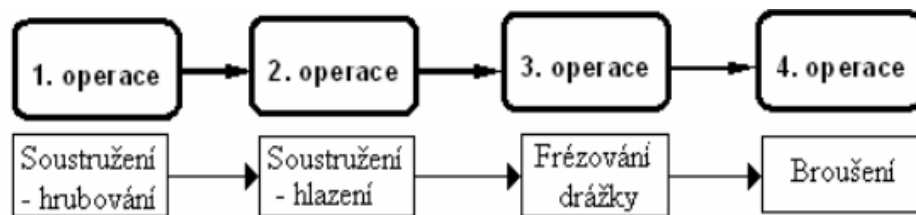
Členění výrobního procesu dle výrobního programu [12]

- hlavní;
- vedlejší;
- obslužné;
- sdružené;
- pomocné.

Členění dle složitosti výrobního procesu [12]

- jednoduché;
- složité – sbíhavé;
- rozbíhavé.

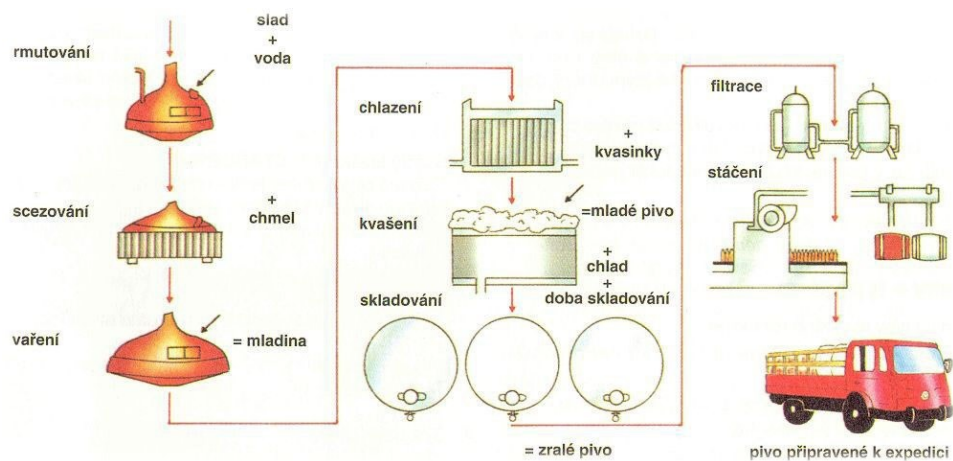
Jednoduché výrobní procesy mohou být chápány jako výrobky, které jsou zpravidla z jednoho druhu materiálu. Jednotlivé operace procesu představují sled souvisejících a na sebe navazujících operací. [12]



Obr. 5 - Jednoduchý výrobní proces [12]

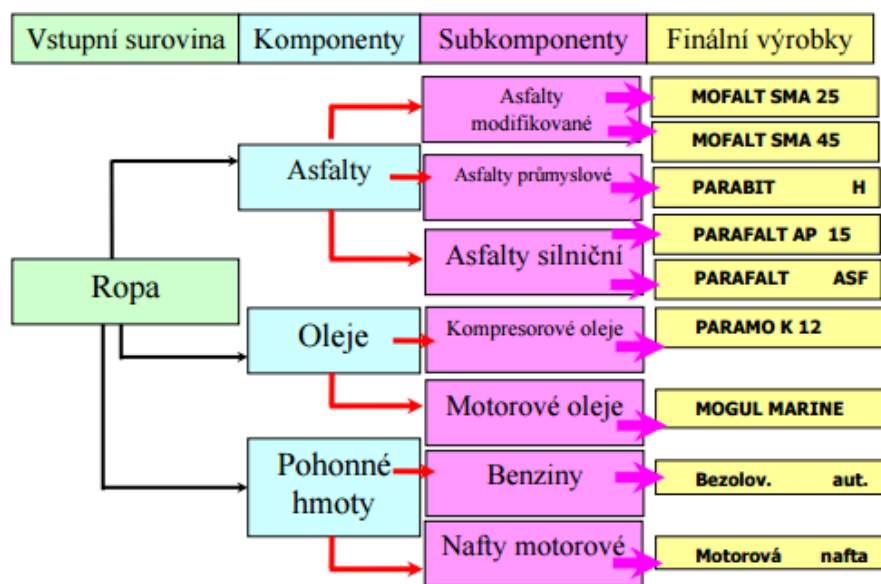
Složité výrobní procesy jsou takové, které jsou sestavovány z více součástí. Jeho složky mohou být nakupované nebo vyráběné. Principem je z jedné základní složky vyrobit více produktů. [12]

Pod pojmem **sbíhavé složité výrobní procesy** je možno si představit například výrobu piva, které je složeno z mnoha komponentů nakoupených i vyrobených.



Obr. 6 - Složitý sbíhavý výrobní proces [5]

Za **složitý rozbíhavý výrobní proces** může být považováno zpracovávání ropy, ze které jsou různými úpravami získávány jednotlivé složky, které jsou využity v dalších výrobních procesech. [12]



Obr. 7 - Složitý rozbíhavý proces [5]

3. Metody řízení výroby

V následující kapitole zmiňuji různé metody a systémy využívaných v plánování výroby. Cílem je eliminovat časy, které zákazníkovi nepřidávají užitnou hodnotu výrobku a zabraňují plýtvání.

3.1. JIT (Just – in – Time)

Systém JIT se doslovně překládá jako „právě včas“, který je založen na tom, aby se materiál dostával do výroby v ten okamžik, kdy je potřeba, a nevznikaly tak nadbytečné zásoby ve skladech. Nutností je dobrá koordinace sledování zásob a jejich objednávání nebo výroba, aby nedocházelo k nedostatkům, anebo naopak přebytkům produktů. [16]

Cílem systému je odstranit časy, které výrobku nepřidávají užitnou hodnotu a být flexibilní vůči výkyvům v objednávkách. Díky metodě JIT může být dosaženo citelného snížení nákladů v celém procesu výroby, zvýšení úrovně řízení mezi jednotlivými úseky dané výroby, zkrácení času výroby, snížení zásob, zvýšení kvality produktů a zlepšení produktivity.

3.2. Jidoka

Koncept Jidoka, zabraňuje zbytečnému plýtvání ve výrobě tím, že pokud se zjistí chyba, tak se výrobní proces okamžitě zastaví, dokud daný problém nevyřešíme. Případná závada je řešena okamžitě. Cílem je, aby se jakýkoli problém řešil včas a bez zbytečných ztrát jak času, tak materiálu. [13]

Každý pracovník je nucen výrobky kontrolovat a musí mu být umožněno okamžité zastavení výroby v důsledku zjištění chyby. Jde o efektivní způsob zamezení případných ztrát a zdokonalování výrobního procesu. Neustálé sledování výrobků je klíčem k eliminaci možných poruch.

3.3. 5 S

Tento princip je v současné době nejrozšířenějším ve všech velkých firmách. Smyslem této metody je zabránit plýtváním na pracovišti. Jeho základem je 5 hlavních postupů, které vycházejí z 5 japonských slov 1. Seiri (třídít), 2. Seiton (čistit), 3. Seiso (systematizovat), 4. Seiketsu (standartizovat), 5. Shitsuke (dodržování pravidel). [14]



Obr. 8 - Metodika 5S [4]

Tyto hlavní postupy by měly být vždy realizovány v následujícím pořadí:

1. Seiri (třídít)

Jde o vytřídění nepotřebných věcí, které nás mohou na pracovišti rozptylovat, překážet, nebo nejsou nedílnou součástí práce. Na místě si necháváme pouze věci nezbytně nutné k dané činnosti. [14]

2. Seiton (Uspořádat)

V tomto kroku dochází k rozmístění předmětů na pracovišti tak, abychom je v případě potřeby měli ihned po ruce a připravené k okamžitému použití. Každá věc musí mít stanovené své místo. Může tak být zajištěno například pomocí popisků, nebo označením náležitých míst. [14]

3. Seiso (Uklidit, čistota)

Tento krok spočívá v zavedení a dodržování čistoty na pracovišti. V pracovní době musí být vymezený čas na úklid pracoviště (například utření prachu, vysypání odpadkových košů, atd.). Prostředky k práci musí být stále připraveny k použití. [14]

4. Seiketsu (Standardizovat)

Jde o zavedení standardů čistoty. Každý tým i pracovník je zodpovědný za své pracoviště. Nezbytné dodržování pravidel je povinností každého zaměstnance, aby se pracoviště nevrátila ke starým „pořádkům“, ale ba naopak se stále zlepšovala. [14]

5. Shituke (Disciplína)

Úklid má být pro pracovníky zvykem a řádem, který budou dodržovat. Musí se vyžadovat disciplína, která v případě potřeby zajistí že bude nalezeno na svém místě bez zbytečného hledání a ztráty času. Důležité je, aby byli všichni dostatečně motivováni k dodržování těchto pravidel. [14]

3.4. Princip štihlé výroby (Lean production)

Základní myšlenkou štihlé výroby je odstranění všeho nepotřebného a přebytečného. Štihlý podnik usiluje o eliminaci a redukci zbytečných podnikových nákladů. Za zbytečné náklady jsou považovány náklady, za které zákazníci nejsou ochotni platit. Při rozboru procesů v podniku zjistíme, že mnoho z nich nepřidává zákazníkovi žádnou přidanou hodnotu.

Podnik by si měl vystačit s co nejmenší skladovou zásobou. Výrobní proces musí být schopen reagovat na výkyvy poptávky. Hlavním cílem této metody je úspora výrobních faktorů. Podnik nakupuje jen tolik materiálu, kolik dokáže podle přesně stanoveného výrobního procesu a s co nejmenší odpadovostí zpracovat a nakonec vyexpedovat. V neposlední řadě má za cíl odstraňovat ztráty ve výrobní činnosti.

Pro štihlou výrobu jsou typické tyto body [17]

- zaměření na zákazníka a procesní řízení;
- eliminace plýtvání;
- plynulý tok výrobků, materiálů a informací;
- uplatnění principu tahu ve výrobě.

Plýtvání – označujeme tím všechny činnosti, které zvyšují náklady, ale nepřidávají hodnotu k vyráběnému výrobku (službě). [17]

Jednotlivé druhy plýtvání:

Nadvýroba - považována za nejhorší ze všech druhů plýtvání. Jde o tzv. tlačení zásob hotových produktů před sebou. Takové plýtvání negativně ovlivňuje výkonnost podniku. Vyrábí se příliš mnoho výrobků nebo příliš brzy. Nadprodukce v jakékoliv formě spotřebovává další zdroje jako jsou lidi, materiál, sklad i činnosti. [17]

Čekání – pokud dojde ve výrobním procesu k časovým prodlevám z důvodu čekání (na lidi, materiál, zařízení či informace) znamená to, že plýtváme našimi aktuálně využitelnými zdroji. [17]

Zásoby - Na pracovišti jsou shromažďovány zásoby v prostoru, na stolech, v počítačích či ve skladech. Jde o plýtvání, kdy pracovníci vynaloží čas na výrobu produktů do zásoby, které ale nejsou zatím potřebné. [17]

Chyby – výroba vadných dílů nebo špatně provedené procesy, opravy, předělávky, náhradní výroba, atd. [17]

Pohyby - Zbytečné pracovní pohyby jsou formou plýtvání. Úkony, které musejí být vykonávány (pro přidání hodnoty k produktu), plýtváním nejsou, pokud jsou zredukované. [17]

Manipulace - (hmotných věcí či informací) můžeme zařadit do plýtvání, pokud je nutno nadbytečné či vzdálené manipulace, které je zapříčiněno nevhodným postavením jednotlivých prostředků k danému úkonu a špatně sestavené pracoviště. [17]

Nadpráce - Zpracování věcí, které si zákazník nepřeje nebo dokonce je rozpozná a označí za plýtvání a není ochoten za ně zaplatit. Je potřeba se držet zákaznického principu, to znamená nevyrábět produkt zbytečně složitý či s prvky, o které nemá zákazník (externí či interní) zájem. [17]

Nevyužitý potenciál pracovníků - Lidské zdroje a jejich potenciál nejsou firmou řádně využity s ohledem na nabízené schopnosti, dovednosti a zručnosti. Přidaná hodnota by mohla být realizována za kratší čas. Tento druh plýtvání mohou ovlivnit především vedoucí pracovníci. [17]

3.5. MTM - Metoda analýzy pohybů (Methods Time Measurement)

Postup analyzující manuální činnosti nebo metody na základní pohyby a přiřazuje každému pohybu předdefinovanou časovou normu, která je závislá od druhu pohybu a podmínek, ve kterých je pohyb prováděný. Patří mezi metody měření práce prostřednictvím předem určených časů. [19]

MTM analyzuje a poskytuje informace o: [19]

- omezení pohybů (pohyby, které omezují jiné pohyby);
- možných kombinacích pohybů (kritické a nekritické cesty);
- identifikaci neefektivních nebo zbytečných pohybů;
- zlepšování existujících metod na zvýšení výroby a snížení potřeby práce;
- vytvoření časových norem pro odměňování a stimulování pracovníků;
- výběru efektivního zařízení.

Metoda je založená na principu, že každá manuální práce může být rozdělena na základní pohyby, ze kterých je možno utvořit zpětně jakýkoliv pracovní postup. Pro tyto základní pohyby jsou určeny v tabulkách časové hodnoty pro jejich délku trvání. Tímto způsobem metoda MTM v sobě syntetizuje faktory pohybu i času ve vzájemné vazbě. To umožňuje pomocí této metody nejen popsat přesně vymezený pracovní postup a jeho podmínky, ale zároveň určit i jeho časové trvání. Při tomto postupu může být téměř vyloučeno používání stopek pro normování práce. [19]

Při analýze pohybů obvykle jsou zkoumány ty faktory, které ovlivňují čas potřebný na jejich provedení. Jsou to zejména: [19]

- vzdálenost měřená v cm;
- hmotnost vyjádřená v kg;
- úhel (měřený v šedesátkové soustavě);
- typy pohybů.

Pohyby jsou rozděleny do tří skupin: [19]

- pohyby horních končetin - 8 pohybů;
- pohyby očí - 2 pohyby;
- pohyby dolních končetin a těla - 15 pohybů.

Pohyby jsou určeny v časových jednotkách TMU (Time Measurement Unit) [19]

Tato základní metoda bývá označována jako MTM 1 a umožňuje podrobně analyzovat práci na základní pohyby. Je potřeba však mít na paměti, že získat takové podrobné a přesné hodnoty je poměrně pracný úkol, přičemž pracnost je ovlivněná podrobností analýz. V praxi musíme vždy usilovat o optimální vyvážení nákladů na analýzu a přínosů z ní vyplývajících. Aby bylo možné příslušné požadavky uspokojit, nevystačíme jen se základní metodou. [19]

Pro efektivní využívání metody v oblastech malé opakovatelnosti práce (malosériová a kusová výroba), byly vyvinuty tzv. vyšší stupně. Nejznámější jsou metody MTM 2 a MTM 3, které jsou přímo odvozeny z MTM 1. [19]

Přehled všech základních pohybů systému MTM 1

Tab. 1 - Pohyby rukou a ramen [20]

POHYBY RUKOU A RAMEN		
česky	značení	anglicky
Sáhnout	R	Reach
Uchopit	G	Grasp
Pustit	RL	Release-Load
Přemístit	M	Move
Obrátit	T	Turn
Tlačit	AP	Apply pressure
Umístit	P	Position
Oddělit	D	Disengage
Točit	C	Crank

Tab. 2 - Pohyby očí [20]

POHYBY OČÍ		
česky	značení	anglicky
Zaostření oka	EF	Eye focus
Sledování pohledem	ET	Eye travel

Tab. 3 - Pohyby těla a dolních končetin [20]

POHYBY TĚLA A DOLNÍCH KONČETIN		
česky	značení	anglicky
Pohyb chodidla	FM	Foot motion
Pohyb nohy	LM	Leg motion
Úkrok	S	Side step
Otočení trupu	TB	Turn body
Předklonit se	B	Bend
Vzpřímit se	AB	Arise from bending
Ohnout se	SS	Stoop
Vzpřímit se	AS	Arise from stooping
Kleknout na jedno koleno	KOK	Kneel from Stooping
Kleknout na obě kolena	KBK	Kneel from both knees
Povstat z jednoho kolena	AKOK	Arise from kneel on one knee
Povstat z obou kolen	AKBK	Arise from kneel on both knees
Sednout	SIT	Sit down
POHYBY TĚLA A DOLNÍCH KONČETIN		
česky	značení	anglicky
Vstát ze sedu	STD	Stand up
Chůze	W	Walk

Doposud rozlišujeme v soustavě MTM 5 stupňů. Při praktickém výběru jednotlivých metod je možno orientačně použít údaj o délce trvání pracovní operace, nakolik je délka operace ovlivněná často typem výroby. [19]

Tab. 4 - Stupně MTM [19]

Stupeň MTM	Podrobnosti členění analýzy	Trvání operace [min.]
MTM1	Základní pohyby	0,1 – 0,5
MTM2	Komplex pohybů	0,5 – 3
MTM3	Úkony operace	3 – 30
MTM4	Úseky operace	30 – 1800
MTM5	Operace jako celek	Více než 1800

4. Kapacitní normy

Výrobní kapacitou se rozumí množství výrobků (výkonů), které lze vyrobit za daných podmínek na určitém výrobním zařízení nebo pracovišti ve zvoleném období. Technicko-organizační podmínky musí respektovat kritéria ekonomické efektivity, požadované jakosti a bezpečnosti práce. [12]

Normy výrobnosti

Výrobnost udává, jaké množství výrobků (výkonu) je možné vyprodukovat za zvolenou jednotku času. V závislosti na volbě časové jednotky hovoříme o výrobnostech minutových, hodinových, směnových atd. Sledovaná výrobnost závisí na pracnosti výrobku. [12]

Hodinová výrobnost [12]

$$V = \frac{60}{N} \quad \text{nebo} \quad V = \frac{1}{N} \quad (1)$$

V – hodinová výrobnost [ks./ hod.]

N – norma času za operaci (pracnost) [min. nebo hod.]

Směnová výrobnost [12]

$$V = \frac{T}{N} \quad [\text{ks./ směna}] \quad (2)$$

V – směnová výrobnost [ks./ směna]

T – čas směny [min. nebo hod.]

N – norma času za operaci [min. nebo hod.]

Normy pracnosti

Pracnost udává množství práce většinou vyjádřené časem, která je potřebná k provedení určité činnosti, operace, úseku práce atd. [12]

$$P = N \quad (3)$$

P – pracnost [časové jednotky, sec., min., hod.]

N – norma času za operaci (pracnost) [min. nebo hod.]

Pracnost jednoho kusu obrobku, který je vyráběn ve větším počtu kusů v průběhu jedné operace [12]

$$P = t_0 / n \quad (4)$$

t_0 – pracnost (operační čas) [časové jednotky.]

n – počet současně opracovaných kusů výrobku

Normy využitelného časového fondu

Norma udává, po jakou dobu je možno využívat stroj, zařízení, pracoviště nebo pracovníka k produkci v průběhu zvoleného období. Zvoleným obdobím rozumíme rok, čtvrtletí, týden, směnu, apod. dle potřeby zda časový fond bude sloužit k projektování, plánování nebo stanovení vytěživání. Dle toho stanovujeme využitelný časový fond. [12]

Roční využitelný časový fond stroje, zařízení, linky [12]

$$T_{využ} = (t_k - t_v) * s * T_{sm} - (t_0 + t_p) * s * t_{SM} \quad [\text{hod./ rok}] \quad (5)$$

$T_{využ}$ – roční využitelný časový fond

t_k – počet kalendářních dnů v roce

t_v – počet nepracovních dnů

s – průměrná denní směnnost (1 až 3)

T_{sm} – počet hodin za směnu (obvykle 7,5 nebo 11)

t_0 – počet dnů oprav za rok

t_p – počet dnů na další plánované přestávky

Roční využitelný fond pracovníka [12]

$$T_{využ} = (t_k - t_v) * s * T_{sm} - (t_d + t_n) * s * t_{SM} \quad [\text{hod./ rok}] \quad (6)$$

t_d – počet dnů dovolené pracovníka

t_n – počet dnů pracovní neschopnosti pracovníka

s – denní směnnost pracovníka (1 až 1,1)

Normy celkové kapacity

Pomocí norem celkové kapacity můžeme vypočítat také celkové množství produkce zařízení, stroje, výrobní linky a pracovníka za požadované období. [12]

THN celkové výrobní kapacity [12]

$$Q_c = T_{využ} * V \quad \text{nebo} \quad Q_c = \frac{T_{využ}}{P} \quad (7)$$

V – výrobnost výrobního zařízení

P – pracnost výroby

Q_c – celková kapacita výrobního zařízení

4.1. Výrobní rytmus a výrobní takt

Patří mezi základy operativního řízení výroby, zejména v ustálených procesech s vysokým stupněm opakovanosti výroby. Na takto rytmizovaných a taktizovaných výrobních linkách se především realizuje velkosériová a hromadná výroba. [12]

Výrobní takt [12]

jde o časový interval mezi dokončením dvou po sobě jdoucích operací, které jsou vyráběny na výrobních linkách pracujících v rytmu a taktu.

$$t = \frac{Ft}{Q} \quad (8)$$

t - výrobní takt výrobního úseku v jednotkách času

Ft - časový fond linky

Q - počet součástí, které vyrábíme

Rytmus výroby [12]

Udává, kolik výrobků se vyrobí na lince za jednotku času.

$$R = \frac{1}{T} \text{ [ks/jedn.]} \quad (9)$$

T – čas

4.2. Výrobní cyklus výrobku

Cyklus je čas od první operace až po skončení výroby produktu, teda do skončení poslední operace. [12]

Skutečný výrobní cyklus je čas technologických i netechnologických operací, podmíněčně nutné přestávky, které jsou nutné z hlediska pracovní činnosti jako jsou např. svačínové přestávky. Dále také musíme započítat časy ztrát, které mohou vzniknout v průběhu výroby, např. porucha na stroji apod.. [12]

Výrobní cyklus pro 1 součást [12]

$$T_{C(x)} = \frac{t_c}{a \cdot k_{pn}} \quad (10)$$

t_c - celková norma času na operaci

a – celkový počet součástí opracovávaných na pracovišti v průběhu dané operace

$T_{C(x)}$ – výrobní cyklus operace pro 1 ks v časových jednotkách

Výrobní cyklus pro výrobní dávku [12]

$$T_d(x) = \frac{t_k * dx}{a * p * k_{pn}} + \frac{t_{pz}}{k_{pn}} \quad (11)$$

t_k – kusový čas (jednotkový)

dx – počet pracovišť, na kterých se současně uskutečňují operace

a – celkový počet součástí, které se podrobují operaci na 1 pracovišti

k_{pn} – koeficient překročení plnění norem

$T_d(x)$ – výrobní cyklus operace pro dávku x součástí

p – počet pracovišť

t_{pz} – čas přípravy a zakončení

5. Vibrační svařování termoplastů

V následující části si představíme termoplasty a jejich rozdělení. Dále princip svařování, jeho postup a parametry.

5.1. Termoplasty

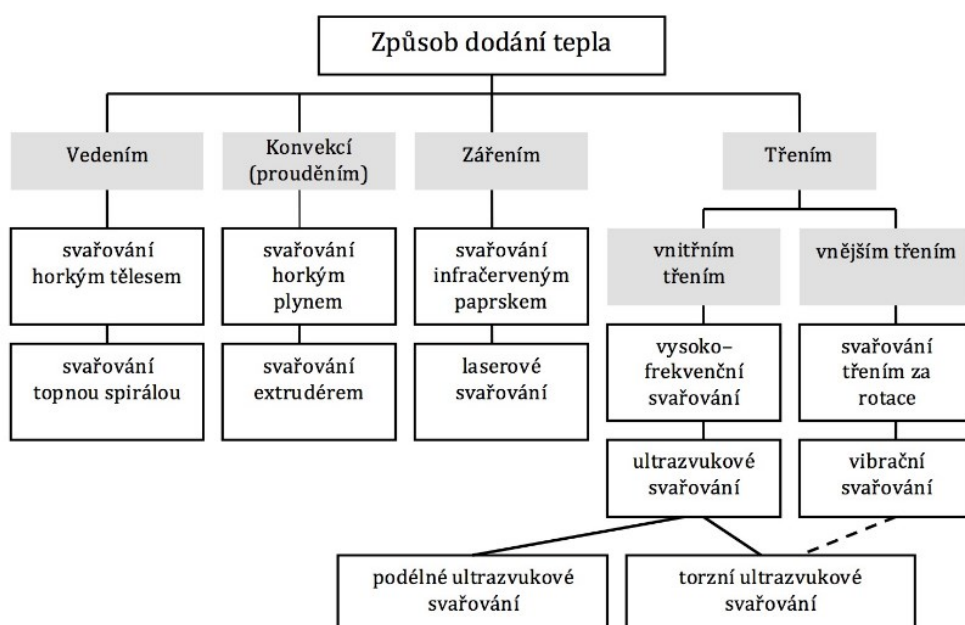
Svařování termoplastických hmot je vytvoření nerozebíratelného spoje za použití teploty a tlaku v určeném čase. Plastické hmoty se při spojování musí nacházet ve tvárném stavu. [18]

Dle způsobu dodávání tepla do místa svaru, lze rozlišit následující svařovací technologie [6]

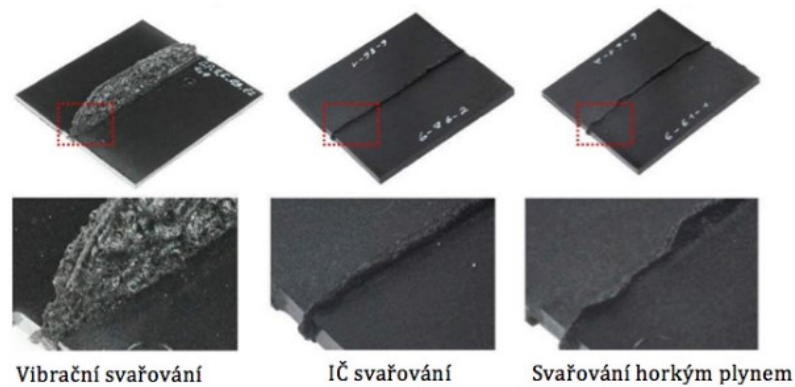
- vedením;
- konvekcí neboli prouděním;
- zářením;
- třením.

Svařování je tepelně – reologický proces skládající se z [6]

- ohřevu;
- spojení dílů pod tlakem – tečení taveniny;
- chladnutí pod tlakem – tuhnutí taveniny, tvorba struktury materiálu, tepelná kontrakce, rekrytalizace, orientace, vnitřní pnutí, staženiny, bubliny.



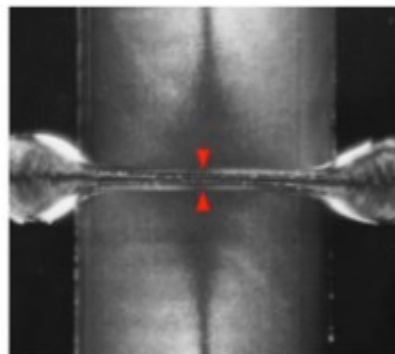
Obr. 9 - Rozdělení technologií svařování plastů dle způsobu dodání tepla do míst svaru [6]



Obr. 10 - Porovnání vzhledu svaru pro jednotlivé technologie [6]

5.2. Vibrační svařování

Principem vibračního svařování je kmitavý pohyb jedné ze dvou spojovaných částí vodorovně s přitlakem proti druhé. Povrchové tření, které vzniká, vytváří teplo, které roztaví a spojí obě části (obr. 5.2.1.). Elektromagnetické hlavy vibračních svářecích strojů jsou velice spolehlivé, nedochází u nich k opotřebení. [6] Vibrační svařování se používá zejména pro velké a středně velké díly, kde požadujeme krátký čas. Kmity můžeme vyvozovat buď mechanicky, hydraulicky nebo elektromagneticky. Pracovní frekvence je od 100 do 300 Hz při amplitudě od 0,5 do 2,5 mm. Musíme však dodržovat pravidlo, že při nízké amplitudě je nutné použít vysokou frekvenci a naopak, abychom zajistili dostatek energie pro natavení a svařování. Čas, nutný pro ohřev a natavení povrchu svařovaných částí, je dle velikosti dílů od 1 do 20 sekund. V poslední tlakové fázi jsou svařované díly k sobě přitlačeny svařovacím tlakem bez kmitavého pohybu do konečné pozice, kde tato tlaková fáze trvá až do úplného ztuhnutí taveniny polymeru v místě svaru. Pevnost svarového spoje je srovnatelná s pevností základního materiálu. [8]



Obr. 11 - Svar vibračního svařování [6]

Postup svařování

- suché tření – lineární pohyb jedné části proti druhé vytváří tření mezi povrchy, a to má za následek vznik tepla ve spoji;
- přechodné stadium a tání materiálu – obě části začínají tát ve stykových plochách. Vysoká teplota vytvářená velkou rychlostí tření je příčinou tání materiálu. Se snižující rychlostí tření, klesá teplota, houstne roztavená vrstva a zvyšuje se viskozita. Tlak na roztavené části podporuje tečení taveného materiálu a tvoří spoj;
- optimální pevnost spoje – proces svařování je přerušen, jakmile spoj dosáhne optimální pevnosti;
- Chlazení – s působícím tlakem na spoji, materiál ztuhne a vytvoří se molekulový svár. [6]

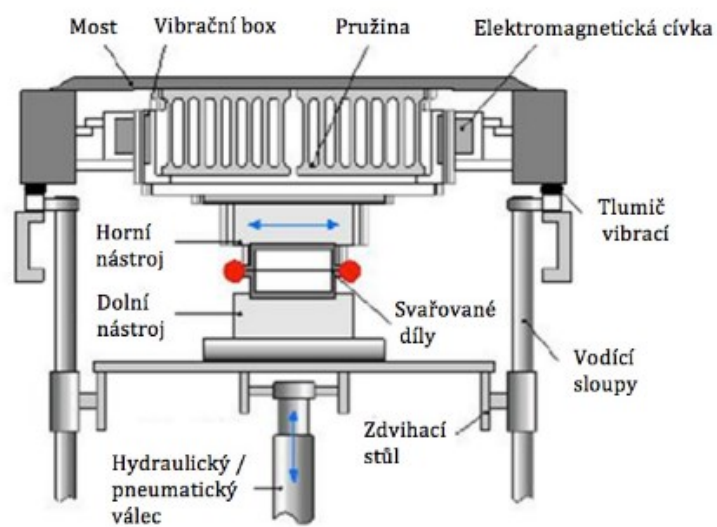
Parametry vibračního svařování

Hlavními parametry jsou směr a smysl kmitání: lineární (příčné, podélné), kruhové, přitlačná síla, amplituda a frekvence kmitů, čas vibrací (řízení časem), svařovací dráha (řízení dráhou) [mm], čas držení – doba dotlaku, kontaktní tlak a třecí síla. [6]

Lineárně – vibrační svařování

Tato technologie svařování vytváří potřebné teplo pro tavení v oblasti spoje třením, kde pohyb je vytvářen elektromagnetickým pohonem. Jedna polovina dílu je uváděna do lineárního kmitavého pohybu a zároveň je přitlačována na druhou nepohyblivě upevněnou část. Vibrační hlavu uvádějí do pohybu elektromagnetické cívky, soustavy pružin zajišťují potřebnou pružnost a přitlačnou sílu. [6]

Princip svařování se vyznačuje zejména možností vytvářet průběžné svary velkých součástí s příslušnou větší plochou spoje a umožňuje vzájemné spojování problematických materiálů a svařování rozměrných součástí v rámci sériové výroby. Dále je vhodná ke zpracování termoplastů s vysokým podílem plniva a vyztužujícími vlákny. [6]

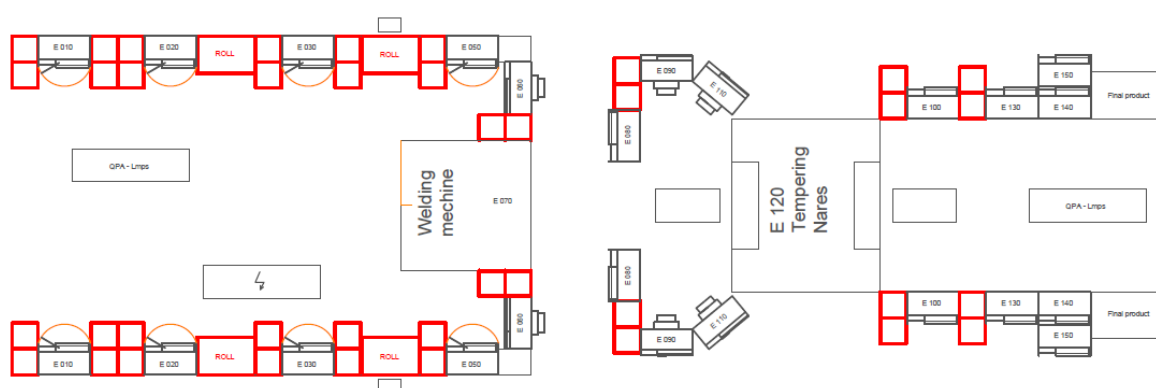


Obr. 12 - Princip vibračního lineárního svařovacího zařízení [6]

6. Původní stav linky

V další kapitole je představen stav linky před úpravami. Rozbor jednotlivých pracovišť a jejich stávající časy při procesu výroby. Dále výpočty výrobnosti, mzdových nákladů na pracovníky a částka na provoz stroje.

6.1. Schéma uspořádání linky a technologický postup jednotlivých pracovišť



Obr. 13 - Schéma montážní linky (levá + pravá strana)

E 010 – Montáž koncového/ blinkrového reflektoru – vyjmutí reflektoru 1. z balení, vizuální kontrola a založení do pomocného zakládání. PCB¹ 1. vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit na reflektor 1., ruční zacvaknutí a načtení kódu. Reflektor 2 vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku pro šroubení. PCB 2. vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, založit na reflektor 2. Načtení kódu. Reflektor 3. vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit přes PCB 2. na reflektor 2. Skupinu reflektoru 1. vyjmout z pomocného zakládání a založení na skupinu reflektoru 2. Zavřít krytku a přišroubování všech dílů 3 šrouby. Skupinu vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 020 – Montáž reflektoru – Skupinu reflektor odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit. Brzdový reflektor vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, založit do přípravku pro šroubování. PCB vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit na brzdový reflektor. Načtení kódu. Zavřít ochrannou krytku a přišroubovat všechny 3 šrouby. Skupinu vodičů 1. vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a nakontaktovat s PCB brzdy a PCB koncovou brzdou a PCB koncovým blinkrem. Skupinu vodičů 2. vyjmout

z balení, vizuálně zkontrolovat a nakontaktovat skupinu vodičů s PCB koncovou brzdou a PCB koncovými blinkry. Brzdovou skupinu reflektorů vyjmout z přípravku pro šroubení a založit do montážního přípravku ke skupině reflektoru koncového blinkru a ručně zacvaknout. Skupinu vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 030 – Montáž skupiny pouzdra – Uchopit skupinu z pracoviště E020, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku svícením dolů. Pouzdro vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, nalepit štítek a založit pouzdro přes skupinu reflektoru. Skupinu vodičů vyjmout z balení, zkontrolovat verzi dle barvy konektoru, nakontaktovat s PCB, namontovat těsnící kroužek a založit. Všechny díly přišroubovat 6 šrouby. Skupinu pouzdra vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 050 – Montáž rámu do pouzdra – Skupinu pouzdra odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku svícením nahoru. Rám vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit do pouzdra. Rám ručně zacvaknout do pouzdra a otočit přípravek. Přišroubovat rám do pouzdra 4 šrouby. Otočit přípravek zpět do původní pozice. Skupinu pouzdra vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 060 – Vysavač před vibrační svářečkou – Skupinu pouzdra odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku pro vysavač. Nakontaktovat vodič a spustit proces. Provede se vysátí nečistot a krátká elektrická zkouška. Skupinu pouzdra vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 070 – Vibrační svařování – Skupinu pouzdra odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku pro svařování. Stisknout start. Krycí sklo vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, ofouknout ionizovaným vzduchem a založit na pouzdro. Stisknout start – upravit sklo. Stisknout start – spustí se svařování. Svařenou lampu vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 090 – Zkouška těsnosti – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat, vložit matici do patice na pouzdře a založit do přípravku pro zkoušku těsnosti. Spustit proces – načtení kódu. Probíhá zkouška těsnosti a tepelné nýtování. Po dokončení procesu lampu vyjmout z přípravku a odložit na další pracoviště.

E 110 – Elektrická zkouška – Upevňovací element vyjmout z balení a založit do přípravku. Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku. Spustit proces. Probíhá načtení kódu a test funkčnosti. Po skončení procesu vyjmout lampu z přípravku, vizuálně zkontrolovat, nalepit temperační štítek, natrasovat vodič a odložit na další pracoviště.

E 120 – Temperační pec – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do temperační pece. Vytemperovanou lampu vyjmout z temperačního zařízení, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.

E 100 – Montáž těsnění na světlo – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku. Načtení kódu. Odvětrávací elementy vyjmout z balení a namontovat je na lampu. Těsnění vyjmout z balení a přilepit na pouzdro. Šedý krycí rám vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat a založit na pouzdro. Stisknout obouruční start. Ručně přesunout přípravek do pracovní polohy a stisknout obouruční start, kdy proběhne zalisování dílů. Ručně přesunout přípravek do výchozí polohy, lampu vyjmout z přípravku a vizuálně zkontrolovat. Vložku vyjmout z balení, namontovat ji na lampu a odložit lampu na další pracoviště.

E 130 – Laserový popis – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku. Spustit proces. Načtení kódu. Proběhne laserový popis. Lampu vyjmout a odložit na další pracoviště.

E 140 – Vizuální kontrola a nalepení folie – Naskenovat etiketu do systému. Provést vizuální kontrolu. Celkový čas pro kontrolu lampy je 30 s. Pro zadní část 10 s a pro přední část 20 s. Na každé kusu zkontrolovat přítomnost funkčních zkoušek, kdy pod jednotlivým označením je vyražená tečka. Na každém kusu zkontrolovat přítomnost homologační značky, která musí být dobře čitelná. Díl otřít k tomu určeným hadříkem od případných nečistot. S každým dílem opatrně potřepeme pohybem „nahoru a dolů“ pro zjištění možného výskytu cizích těles ve světle. Odložit na další pracoviště.

E 150 – Balení – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat. Každý kus, který projde úspěšně kontrolou označit osobním razítkem na ploše vedle etikety. Odtrhnout folii a nalepit ji na sklo lampy. Naskenovat etiketu do zásobovacího programu a vložit lampu dle balících předpisů do transportního balení.

Na každém pracovišti je nutné výrobek vždy vizuálně zkontrolovat a dodržovat předepsané postupy, aby se zamezilo časovým ztrátám. Je nutné používat na každém pracovišti speciální rukavice, aby se předcházelo případným otiskům a mastnotě na výrobku. Pracoviště jsou řádně popsána a mají vymezená místa pro jednotlivé pomůcky. Je zde také určený prostor pro materiál, který je potřebný k výrobě. Tuto linku obsluhuje 9 pracovníků na levé straně a 9 pracovníků na pravé straně. Dále je přítomen 1 manipulát a 1 seřizovač pro každou směnu.

¹ PCB deska plošného spoje

6.2. Balancování linky u jednotlivých pracovišť

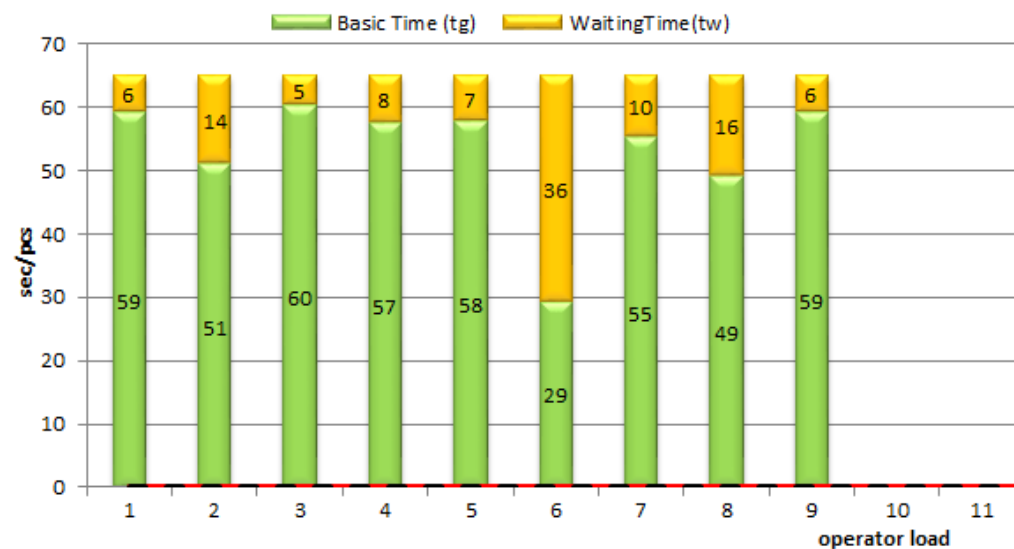
Linka má normované časy, které mají sloužit pro orientační výpočty. Tyto výpočty se určují proto, abychom byli schopni zjistit kolik sad světlometů firma vyrobí za směnu, za měsíc, za rok. Od časové náročnosti jednotlivých pracovišť se odvíjí i počet pracovníků na směně.

[illegible]

Obr. 14 - Balancování linky

Legenda k Obr. 14

- station – Pozice;
- No (Number) -číslo;
- LR (Left, Right)- Levá/Pravá;
- description -popis, tg I -ruční čas;
- PT total – celkový strojní čas;
- tg II- ruční čas po práci stroje;
- tg PT – ruční čas v průběhu práce stroje;
- allocation of operators – přidělení operátorů;
- TPT – celkový čas;
- op – operátor;
- basic time – základní čas;
- waiting time – čekací doba;
- BTI (Binding Tariff Information) – „závazné informace o tarifech“;
- sums – Součty, normal performance;
- without allowance – normální výkon bez přídatku.



Graf 1 - Balancování linky

Legenda k Grafu 1

- sec/pcs – s/ks;
- basic Time – základní čas;
- waiting Time – čekací doba;
- target takt – cílový takt;
- operator load – zatížení operátora.

Z grafu 1 můžeme názorně vidět, která místa trvají nejdéle a jak jsou dlouhé čekací časy. Po identifikaci prozkoumat místo problému a snažit se najít řešení např. úpravou pracoviště, a tím snížení časů, abychom zredukovali dobu, po kterou musí čekat operátor na dalším pracovišti. Nejkritičtější jsou pracoviště E 070 (vibrační svařování), dále E 010 (montáž konc./BL reflektoru), E 030 (Montáž skupiny pouzdra) a E 150 (Balení)

6.3. Kapacitní výpočty

Důležité informace pro další výpočty

- nepřetržitý provoz (12-ti hodinové směny);
- přestávka pro 1 směnu je 1 hodina;
- 4 pracovní skupiny (celkem 72 operátorů);
- levá strana - 9 operátorů;
- pravá strana – 9 operátorů;
- + 1 manipulant + 1 seřizovač pro každou směnu + 1 Team leader;
- QEE - 85%;
- délka projektu plánovaná na 4 roky.

Tab. 5 - Rozpis směn

Hod	Po	Út	St	Čt	Pá	So	Ne
00:00– 6:00	4 sm. ¹	4 sm.	1 sm.	1 sm.	2 sm.	2 sm.	3 sm.
6:00 – 18:00	2 sm.	2 sm.	3 sm.	3 sm.	4 sm.	4 sm.	1 sm.
18:00 – 00:00	4 sm.	1 sm.	1 sm.	2 sm.	2 sm.	3 sm.	3 sm.

¹ směna**Roční fond ručního pracoviště**

$$E_r = d * h = 4\,015 \text{ hod/rok} \quad (12)$$

d – počet pracovních dnů

h – počet hodin za směnu

Roční efektivní fond stroje

$$E_s = OEE * E_r = 3\,412,75 \text{ hod/rok} \quad (13)$$

QEE – celková efektivita výroby

Počet ročně vyrobitelných kusů

$$N = \frac{60 * E_s * S_s}{t} = 379\,194,44 \text{ ks/rok} \quad (14)$$

S_s – denní směnnost (v našem případě 2 směny/den)

t – čas taktu cyklu operace

6.4. Náklady

V následující tabulce je možno vidět předpokládané náklady na operátory za 4 roky, kdy bude produkt ve firmě vyráběn. V jednotlivých řádcích jsou postupně počty pracovníků od jednotlivce, přes operátory na jedné směně, až po celkový počet na všech čtyřech směnách.

Tab. 6 - Náklady zaměstnavatele na operátory

Zaměstnanec	Hrubá mzda ¹	Zdravotní pojištění ²	Sociální pojištění ³	Součet ⁴
	Kč	Kč	Kč	Kč
1	28 232	2 540,88	7 058	37 830,88
18	508 176	45 735,84	127 044	680 955,84
72	2 032 704	182 943,36	508 176	2 723 823,36
Celková částka za 4 roky				130 743 521,3

¹ *Průměrná hrubá mzda zaměstnance pro rok 2017*

² *Zdravotní pojištění odpovídá 9 % z průměrné hrubé mzdy*

³ *Sociální pojištění odpovídá 25 % z hrubé mzdy*

⁴ *Součet nákladů zaměstnavatele na zaměstnance*

Náklady na stroj

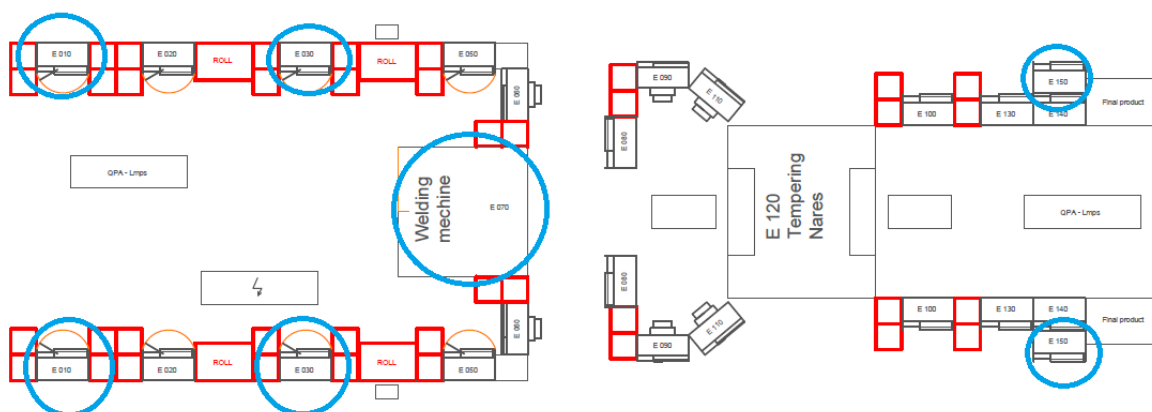
Sazba linky je 10 000 Kč/hod. V této sazbě je počítáno s opravou, údržbou, kapalinou potřebnou k chodu, elektřinou i operátory. Tato částka je vypočtena interně firmou Hella Autotechnik Nova, s.r.o. Tuto hodnotu vynásobíme ročním efektivním fondem stroje a dostaneme částku 34 127 500 Kč/rok.

7. Identifikace problému

V nadcházející kapitole jsou rozebrána úzká místa pracovišť linky a jejich nedostatky v průběhu výrobního procesu.

7.1. Pozorovací metoda

Pro nalezení úzkých míst jsem zvolila postup proměření jednotlivých časů pracovišť. Při pozorování jsem narazila na 4 úzká místa, jak je patrné již z grafu 1 uvedeného výše. Jde o pracoviště E 010, E 030, E 150, ale největším problémem je E 070, kde je čas podstatně delší.



Obr. 15 - Označení kritických míst pro obě strany linky

7.2. Rozbor jednotlivých kritických pracovišť

E 010 – Montáž koncového/ blinkrového reflektoru – vyjmutí reflektoru 1. z balení, vizuální kontrola a založení do pomocného zakládání. PCB 1. vyjmut z balení, vizuálně zkontrolovat a založit na reflektor 1., ruční zacvaknutí a načtení kódu. Reflektor 2 vyjmut z balení, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku pro šroubení. PCB 2. vyjmut z balení, vizuálně zkontrolovat, založit na reflektor 2. Načtení kódu. Reflektor 3. vyjmut z balení, vizuálně zkontrolovat a založit přes PCB 2. na reflektor 2. Skupinu reflektoru 1. vyjmut z pomocného zakládání a založení na skupinu reflektoru 2. Přišroubování všech dílů 3 šrouby. Skupinu vyjmut z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.



Obr. 16 - Pracoviště E 010

Hlavním problémem na tomto pracovišti je **nepřehledná koordinace pohybů**.

E 030 – Montáž skupiny pouzdra – Uchopit skupinu z pracoviště E020, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku svícením dolů. Pouzdro vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, nalepit štítek a založit pouzdro přes skupinu reflektoru. Skupinu vodičů vyjmout z balení, zkontrolovat verzi dle barvy konektoru, nakontaktovat s PCB, namontovat těsnící kroužek a založit. Všechny díly přišroubovat 6 šrouby. Skupinu pouzdra vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.



Obr. 17 - Pracoviště E 030

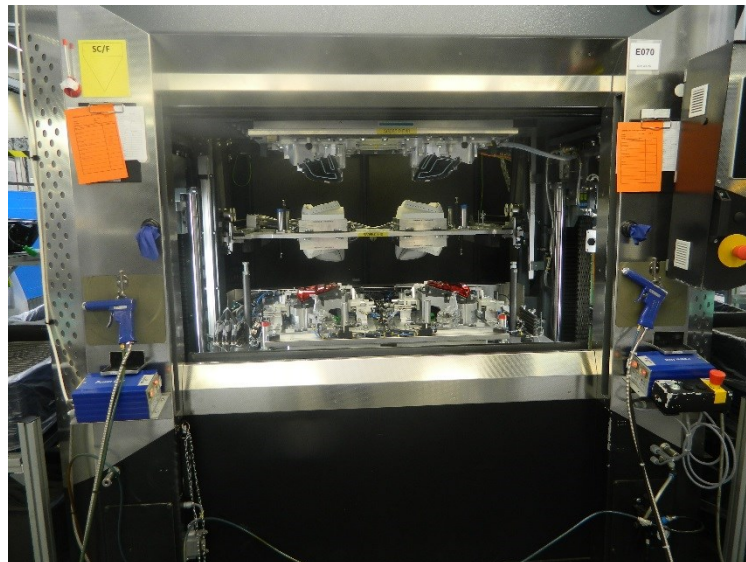
Hlavním problémem na tomto pracovišti je **nepřehledná koordinace pohybů**.

E 150 – Balení – Lampu odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat. Každý kus, který projde úspěšně kontrolou označit osobním razítkem na ploše vedle etikety. Odtrhnout folii a nalepit ji na sklo lampy. Naskenovat etiketu do zásobovacího programu a vložit lampu dle balících předpisů do transportního balení.

Problémy jsou

- toto pracoviště je zbytečné, jelikož práci, kterou operátor dělá, by zvládl pracovník i na předchozím pracovišti zkoordinováním pohybů.

E 070 – Vibrační svařování - Skupinu pouzdra odebrat z předchozího pracoviště, vizuálně zkontrolovat a založit do přípravku pro svařování. Stisknout start. Krycí sklo vyjmout z balení, vizuálně zkontrolovat, ofouknout ionizovaným vzduchem a založit na pouzdro. Stisknout start – upravit sklo. Stisknout start – spustí se svařování. Svařenou lampu vyjmout z přípravku, vizuálně zkontrolovat a odložit na další pracoviště.



Obr. 18 - Pracoviště E 070

Problémy jsou

- balení, kdy skla jsou balena v nopě;
- nevýhodná poloha svářečky, operátor musí obcházet ovládací panel svářečky;
- pojezdy u svářečky, jsou pomalé;
- dvojitý start, kvůli nevhodnému tvaru přidržovačů pro uchopení pouzdra, musíme zvlášť uchopit pouzdro a poté ručně upravit sklo.

8. Návrh řešení

V následující části jsou popsány návrhy na zlepšení jednotlivých pracovních pozic, které byly vyhodnocené jako slabá místa linky viz kapitola 7.2.

8.1. Pracoviště E 070 Vibrační svařování

Prvním problémem bylo balení skel jednotlivě do nopy a následné uložení do plastových krabic. Řešením bylo balení do textilních kapes, a tím následné zkrácení času o vybalování skla z nopy. Přeměřením časů byla zjištěna změna trvání operace z původních 65,02 s na 63,21 s. Čímž vznikla úspora času o 1,81 s.

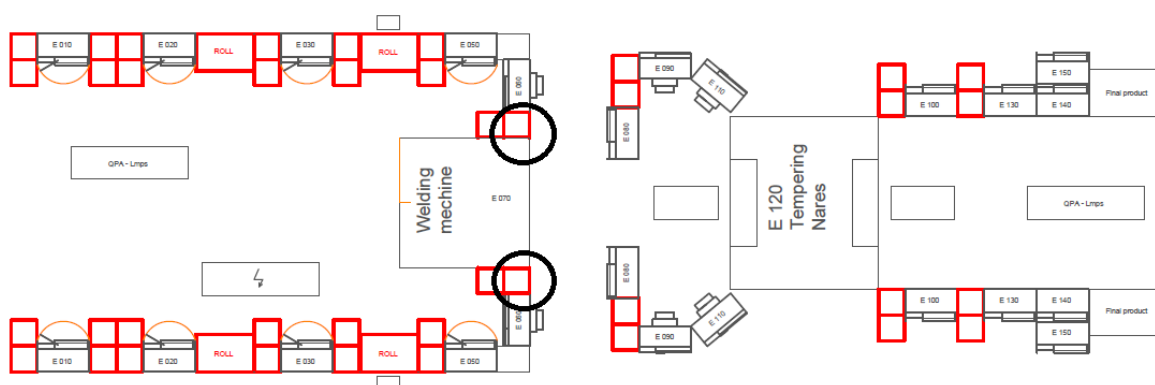


Obr. 19 - Balení v textilních kapsách

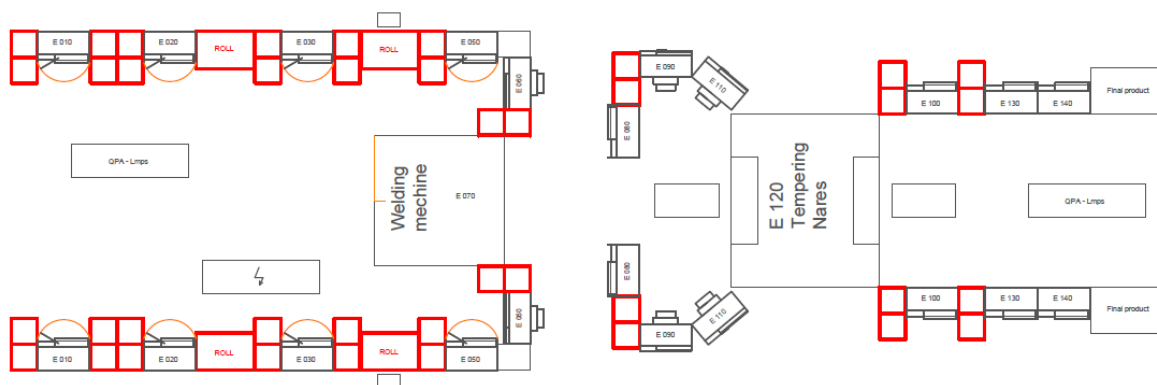
Druhým problémem byla nevýhodná poloha svářečky. Operátor musel obcházet ovládací panel, problematická manipulace se skly z důvodu zapuštění svářečky do linky, vedle které byly odkladné police a pod nimi uloženy boxy se skly. Pokud chtěl operátor vytáhnout skla ze zadní části boxu, tak si musel krabici povytáhnout, protože jinak hrozilo poškození skla. To vše vyřešilo posunutí svářečky viz obr. 22. čas se tedy opět zoptimalizoval z předešlých 63,21 s na 61,11 s. časová úspora je tedy 2,1 s. Tento fakt jsem zjistila opětovným přeměřením časů.



Obr. 20 - Původní umístění svářečky



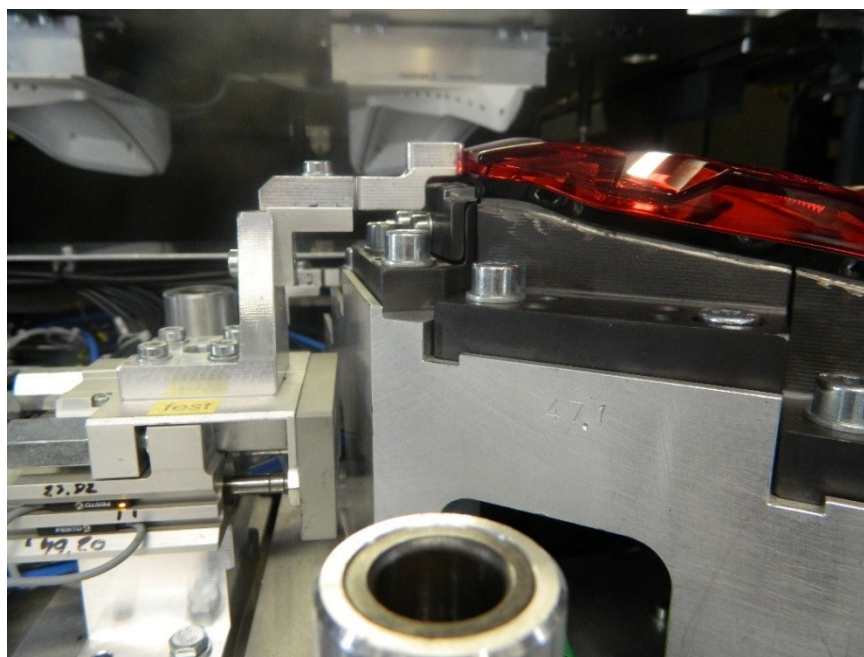
Obr. 21 - Označení kritického místa



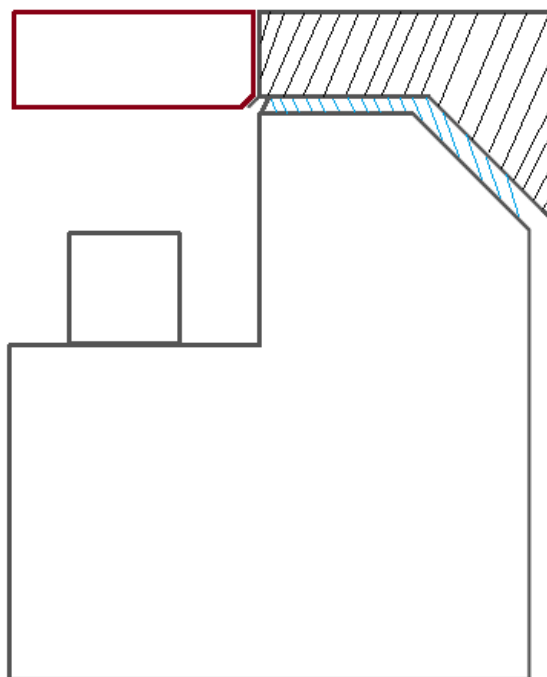
Obr. 22 - Umístění svářečky po úpravě

Další optimalizace byla provedena úpravou automatického cyklu svářečky a zvýšením rychlosti pojezdů zvedacího stolu a pohyblivých os infra ohřevu. Úprava cyklu spočívala v nastavení paralelního posunu vertikální a horizontální osy infra ohřevu a zrychlení pojezdů z původních 350 mm/s na 500 mm/s, čímž se docílilo úspory času o 1,74 s z původních 61,11 s na 59,37 s.

Posledním zjištěným problémem byla nutnost rozdělení startu cyklu do dvou fází, v nichž se v prvním kroku vložilo pouzdro do svařovacího přípravku a po prvním stisku tlačítka start a po vložení krycího skla muselo stisknout podruhé, aby mohly přijet přídržovače. Důvodem bylo, že vzhledem k tvaru a pozici přídržovačů nebylo možno pouzdro vložit při vyjetých přídržovačích. Úpravou tvaru přídržovačů v dolní části se docílilo možnosti vložení pouzdra i při vyjetých přídržovačích, čímž se docílilo úspory času 2,31 s z původních 59,37 s na 57,06 s, úprava je znázorněna na obrázku 24, kde černě vyšrafovaná část je sklo, modře vyšrafované pouzdro a červeně nový tvar přídržovače.



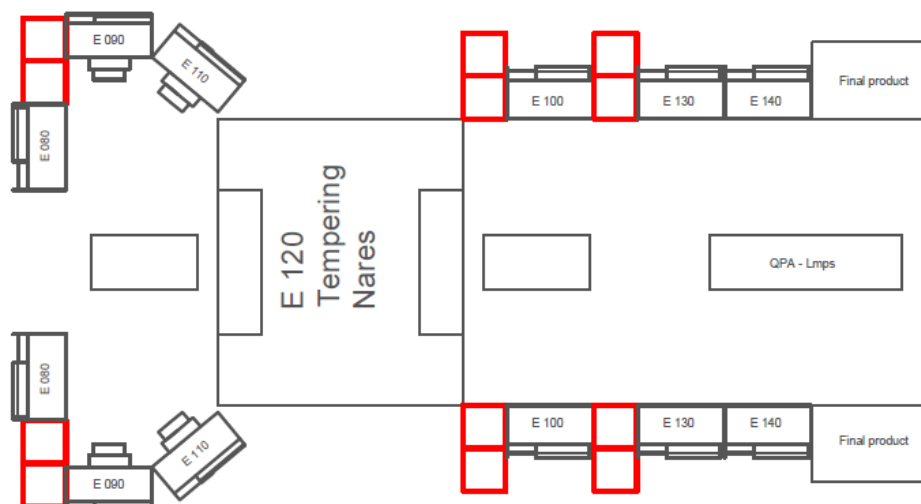
Obr. 23 - Upravený tvar přídržovače



Obr. 24 - Úprava přidržovače zkosením

8.2. Pracoviště E 150 Balení

U tohoto pracoviště byl největším problémem nadbytečná manipulace a chaotická kontrola výrobku. Proto se pracoviště E 140 a E 150 sloučila, tím pádem kontrolu může provádět pouze jeden operátor. Dále jsem definovala kontrolu výrobku tak, aby bylo vše zkontrolováno, avšak v kratším čase. Schéma linky se tedy změnilo viz Obr. 25. Na Obr. 26 můžete vidět návrh kontroly výrobku. Pracovník začíná ve středu světla a dále postupuje po vyobrazené ose směrem ven. Dále kontroluje zadní část lampy ve směru hodinových ručiček. Po sjednocení pracovišť byl čas operace z původních 104,76 s snížen na 59,45 s a po návrhu kontroly se čas zmenšil na 57,06 s. Změna je tedy o 47,7 s. Dále došlo ke snížení počtu pracovníků. V jedné pracovní četě o 2 operátory, celkem 8 lidí ze všech čtyř směn.



Obr. 25 - Zadní část linky po úpravě



Obr. 26 - Návrh vizuální kontroly

8.3. Pracoviště E 010 a E 030

E 010 – U tohoto pracoviště jsem využila metodu řízení pohybů. Po dobu sledování pracovníka při montáži bylo možné některé postupy operace upravit. Například tím, že při zakládání reflektoru 2. do přípravku na šroubení není nutné zakládat obouručně, ale pouze jednou rukou a zároveň si vzít desku plošného spoje a následně zkontrolovat. Je o úsporu času o 1,02 s, kdy tento čas byl zjištěn opětovným přeměřením časů. Dále pak při zavírání

krytky před šroubením si operátor druhou rukou může vzít šroub. Dostáváme se tedy na konečný čas 57, 04 s. Celková úspora času činí 2 s.

E 030 – U tohoto pracoviště bylo také využito metody řízení pohybů. Během sledování pracovníka při montáži bylo zjištěno že šrouby nejsou přimontovány jeden vedle druhého, ale „na přeskáčku“ přesně podle daného pracovního postupu. V postupu práce byly změněny čísla šroubů v těsném sledu – po směru hodinových ručiček. Došlo ke zrychlení práce o 3,05 s.

9. Vyhodnocení návrhu

V této části srovnávám výsledky s předchozími hodnotami. Konkrétní hodnoty můžeme vidět v následujících podkapitolách. Vyhodnocení je početní s ohledem na výrobnost a náklady jak na pracovníky, tak na úpravu pracovišť

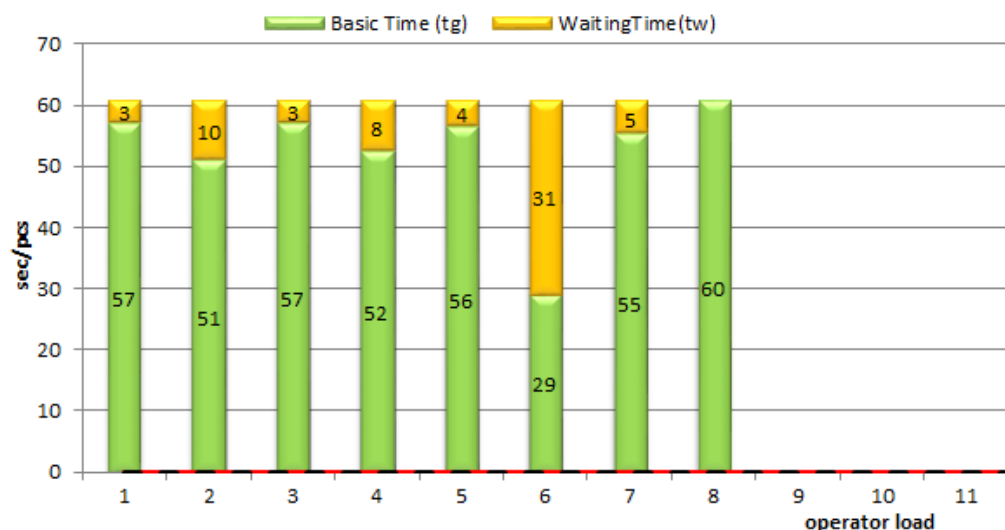
9.1. Výsledné časy jednotlivých operací

U stavu 1 můžeme na grafu 2. vidět, že na pracovišti u vibračního svařování je stále dlouhá čekací doba. Tento fakt zmírnila přerozdělením pracovníků na lince, což můžeme vidět na obrázku 27. Dále se pak sjednotily pracoviště E 140 a E 150.

Stav 1. Po úpravách pracovišť

Station		<i>100 % norm(al) performance, without allowance</i>				<i>allocation of operators</i>				TPT	PST (te) incl. tv	Op.	basic time (tg)	waiting time (tw)
No.	L+R	Description	tg-I	PT-total	tg-PT	tg-II	tg-I	tg-PT	tg-II					
E 010		Montáž konc./BL reflektoru	57,04				1			57,04	64,71	1	57,04	3,44
E 020		Montáž reflektoru	50,88				2			50,88	64,71	2	50,88	9,60
E 030		Montáž skupiny pouzdra	57,01				3			57,01	64,71	3	57,01	3,47
E 050		Montáž rámu do pouzdra	52,32				4			52,32	64,71	4	52,32	8,16
E 060		Vysavač před vibrační svařečkou	5,04	19,60		9,32	5		5	33,96	16,47	5	56,41	4,07
E 070		Vibrační svařování	12,42	37,56	22,55	7,08	5	5	5	57,06	48,24	6	29,16	31,32
E 90		Zkouška těsnosti	9,72	34,50			6			44,22	21,57	7	55,14	5,34
E 110		Elektrická zkouška	16,74	26,34			6			43,08	37,15	8	60,48	
E 120		Temperační pec	2,70				6			2,70	5,99			
100		Montáž těsnění na světlo	50,10				7			50,10	58,80			
130		Laserový popis	5,04	18,44		3,42	7		8	26,90	9,57			
140		Vizuální kontrola a nalepení fólie	57,06				8			57,06	61,05			
Sums			376,07	136,43	22,55	19,82					517,71	8,0	418,44	65,40
													BT	15,63

Obr. 27 - Balancování linky po úpravě pracovišť

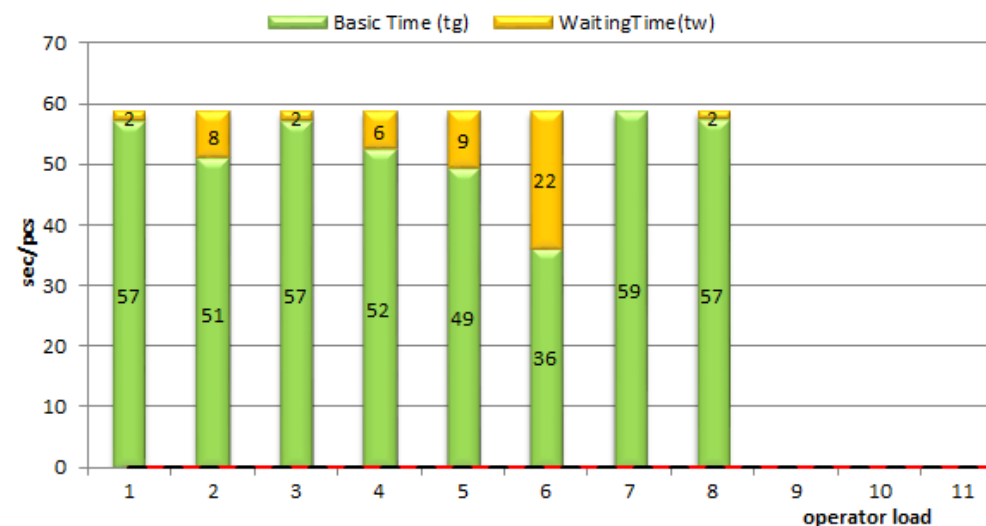


Stav 2. Po přerozdělení pracovníků

Operátorovi č.6 přibyla činnost u pracoviště E 070. Jeho úkolem je vyjmutí lampy ze svářečky a vizuální kontrola, dále provedení zkoušky těsnosti, elektrická zkouška a umístění do temperační pece. Operátorovi 8 ubyla práce na stanovišti E 130, kde bylo jeho prací vyjmutí lampy z přípravku na laserový popis, následná vizuální kontrola a nalepení folie. Nyní obsluhuje pouze pracoviště E 140.

[illegible]

Obr. 28 - Balancování po přerozdělení pracovníků



Graf 3 - Balancování po přerozdělení pracovníků

9.2. Početní srovnání

V Tab. 7 mám názorně ukázáno, jak se po úpravách změnila celková doba jednotlivých operací, čas taktu linky, a tím se zvýšila i roční výrobnost. Výpočet roční výroby u nových hodnot je proveden stejně jako v kapitole 6.3.

Tab. 7 - Porovnání

	Σtc^1	N	t
	S	Ks/rok	min
Původní hodnoty	593,04	379 194,44	1,08
Nové hodnoty	532,33	430 630,91	0,951
Rozdíl	60,71	51 436,47	0,129

¹ Σtc – součet celkových časů všech operací

V Tab 8. vidíme nové vyčíslení pracovníků po ušetření celkem 8 operátorů. Z každé směny byl snížen počet o 2 lidi z důvodu sloučení pracovišť, viz kapitola 8.2.

Tab. 8 - Náklady na platy operátorů

Zaměstnanec	Hrubá mzda ¹	Zdravotní pojištění ²	Sociální pojištění ³	Součet ⁴
	Kč	Kč	Kč	Kč
1	28 232	2 540,88	7 058	37 830,88
16	451 712	40 654,08	112 928	605294,08
64	1 806 848	162 616,32	451 712	2 421 176,32
Celková částka za 4 roky				116 216 463,4

Náklady na úpravu pracovišť

Přesunutí linky = 30 000 Kč

Pilování hran na přidržovačích = 500 Kč

Látkové kapsy = 100 000 Kč

celkem = 130 500 Kč

Obrat

Navýšení produkce je o 51 436,47 párů za rok

Cena za jeden pár = 6 502 Kč

Zisk 9% z 1 páru = 585,18 Kč

$$T_t = q * p = 30\,099\,593,51 \text{ Kč/rok} \quad (15)$$

T_t – obrat [Kč/rok]

q - produkce [ks]

p – tržba z 1 kusu [Kč]

$$\text{Obrat za 4 roky} = 30\,099\,593,51 * 4 = 120\,398\,374 \text{ Kč}$$

Doba návratnosti

$$DN = \Sigma \text{ Náklady} / \text{Obrat} = 0,0011 \text{ ze 4 let} = 0,05 \text{ měsíce} \quad (16)$$

Roční výrobnost se zvýší o 13,5 %.

10. Závěr

Cílem této práce byla analýza výrobního procesu s vyhledáním úzkých míst na montážní lince a navržení případných opatření ke zlepšení daného postupu. Cíl práce byl splněn.

Provedenou analýzou byly zjištěny původní schéma a časy, ze kterých byly zjištěny slabá místa výrobního procesu. Následně byly popsány navrhované úpravy, které by znamenaly pro výrobní linku značný postup kupředu. Většina změn byla situována do prostorového uspořádání a situování montážní linky. Výsledný stav je názorně zaznamenán v tabulkách a vyčíslen jak kusově, tak finančně. Z výsledku je patrné, že změny byly provedené ku prospěchu a výrobnost by se mohla zvýšit o 13,5 %.

Dalším navrhovaným opatřením bylo zavést na lince třisměnný provoz oproti současnému, který je dvousměnný.

Návrhy byly předloženy firmě Hella Autotechnik Nova s.r.o. k posouzení realizovatelnosti.

Seznam použité literatury

- [1] Hromadná výroba štítků na laseru Trotec. *Pinterest* [online]. [cit. 2016-12-10].

Dostupné z: <https://uk.pinterest.com/pin/509610514054746192/>

- [2] Sériová výroba Škody Kodiaq zahájena v Kvasínách. *AUTANET* [online]. [cit. 2016-12-10].

Dostupné z: <http://www.autanet.cz/autonews-seriova-vyroba-skody-kodiaq-zahajena-v-kvasinach-3117>

- [3] Zdvihací zařízení. *VHZ-DIS* [online]. [cit. 2016-12-10].

Dostupné z: <http://www.vhzdis.eu/?product=zdvihaci-zarizeni&lang=cs>

- [4] Metody 5S. *Továrna* [online]. [cit. 2016-12-11].

Dostupné z: <http://www.itovarna.cz/news/metody-5s-vyuziva-vice-nez-polovina-tuzemskych-firem/>

- [5] Schéma procesu výroby piva. *České pivo České zlato* [online]. [cit. 2016-12-13].

Dostupné z: <http://ceskepivo-ceskezlato.cz/piva.php?on=opivu&pg=opivu18>

- [6] Technologie zpracování plastů. *Publi* [online]. [cit. 2017-1-2].

Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/13.html>

- [7] Koncern Hella. *Hella* [online]. [cit. 2017-1-5].

Dostupné z: <http://www.hella.com/hella-cz/cs/Koncern-Hella-382.html>

- [8] Technologie II. *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní: Katedra strojírenské technologie, Oddělení tváření kovů a plastů* [online]. [cit. 2017-01-02].

Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/12.htm#121

- [9] ŠAJDLEROVÁ, Ivana. *Organizace a řízení: cvičení I.* Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0227-9.

- [10] Analýza řízení výrobního procesu a jeho rizik ve společnosti TAJMAC-ZPS, a.s. Marek Staník. *DOCPLAYER* [online]. [cit. 2016-12-20].

Dostupné z: <http://docplayer.cz/6240594-Analyza-rizeni-vyrobniho-procesu-a-jeho-rizik-ve-spolecnosti-tajmac-zps-a-s-marek-stanik.html>

- [11]TOMEK Gustav a Věra VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. 1. vyd. Praha: Grada, 2014
- [12]NOVÁK, Josef. VŠB. Organizace a řízení [online]. 2007. Ostrava, 2007
- [13]Jidoka. *CIE group* [online]. [cit. 2016-12-27].
- Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/jidoka/>
- [14]5S. *Svět produktivity* [online]. [cit. 2016-12-26].
- Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [15]*Návrh časových úspor u předvýrobních procesů*. Brno, 2015. Bakalářská práce. VUT Brno.
- [16]Just in Time & Just in Sequence. *CIE group* [online]. [cit. 2016-12-27].
- Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/jit/>
- [17]Snižování času na přeseřazení strojů ve výrobě pro mistry. *Hk Přerov* [online]. [cit. 2017-01-04].
- Dostupné z: http://www.hkprerov.cz/upload/image/st_sni%C5%BEov%C3%A1n%C3%AD_%C4%8Dasu_na_p%C5%99ese%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_stroj%C5%AF_pro_mistry.pdf
- [18]Plasty. *Opi.zcu* [online]. [cit. 2017-01-03].
- Dostupné z: <http://www.ateam.zcu.cz/download/plasty.pdf>
- [19]MTM - Methods Time Measurement. *IPA* [online]. [cit. 2017-03-15].
- Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/mtm-methods-time-measurement>
- [20]Metody předem stanovených časů. *Technická univerzita Liberec, Fakulta strojní: Katedra výrobních systémů a automatizace* [online]. [cit. 2017-03-15].
- Dostupné z: www.kvs.tul.cz/getFile/case:get/id:14042

Seznam obrázků

Obr. 1 - Hromadná výroba štítků na laseru Trotec [1].....	12
Obr. 2 - Sérová výroba automobilů [2].....	13
Obr. 3 - Kusová výroba přenosného zdvihacího zařízení [3]	13
Obr. 4 - Schéma výrobního procesu [11].....	14
Obr. 5 - Jednoduchý výrobní proces [12]	15
Obr. 6 - Složitý sbíhavý výrobní proces [5].....	16
Obr. 7 - Složitý rozbíhavý proces [5]	16
Obr. 8 - Metodika 5S [4]	18
Obr. 9 - Rozdělení technologií svařování plastů dle způsobu dodání tepla do míst svaru [6].....	28
Obr. 10 - Porovnání vzhledu svaru pro jednotlivé technologie [6].....	29
Obr. 11 - Svar vibračního svařování [6].....	29
Obr. 12 - Princip vibračního lineárního svařovacího zařízení [6].....	31
Obr. 13 - Schéma montážní linky (levá + pravá strana).....	32
Obr. 14 - Balancování linky	35
Obr. 15 - Označení kritických míst pro obě strany linky.....	39
Obr. 16 - Pracoviště E 010	40
Obr. 17 - Pracoviště E 030	40
Obr. 18 - Pracoviště E 070	41
Obr. 19 - Balení v textilních kapsách.....	42
Obr. 20 - Původní umístění svářečky	43
Obr. 21 - Označení kritického místa	43
Obr. 22 - Umístění svářečky po úpravě	43
Obr. 23 - Upravený tvar přidržovače	44
Obr. 24 - Úprava přidržovače zkosením	45
Obr. 25 - Zadní část linky po úpravě	46
Obr. 26 - Návrh vizuální kontroly.....	46
Obr. 27 - Balancování linky po úpravě pracovišť	48
Obr. 28 - Balancování po přerozdělení pracovníků	49

Seznam tabulek

Tab. 1 - Pohyby rukou a ramen [20]	22
Tab. 2 - Pohyby očí [20]	22
Tab. 3 - Pohyby těla a dolních končetin [20].....	22
Tab. 4 - Stupně MTM [19]	23
Tab. 5 - Rozpis směn.....	37
Tab. 6 - Náklady zaměstnavatele na operátory	37
Tab. 7 - Porovnání	50
Tab. 8 - Náklady na platy operátorů	50

Seznam grafů

Graf 1 – Balancování linky.....	36
Graf 2 – Balancování linky po úpravách pracovišť.....	49
Graf 3 – Balancování po přerozdělení pracovníků.....	50